ROMANIA
RENEL
REGIA AUTONOMA DE ELECTRICITATE

CENTRUL DE FORMARE PROFESIONALA

Alexandru SELISCHI

PROCESE TRANZITORII IN SERVICIILE PROPRII ALE CENTRALELOR ELECTRICE

Ept 1-9A

1998

CAPITOLUL I

CONSIDERATII ASUPRA SISTEMULUI DE SERVICII INTERNE ALE CENTRALELOR TERMOELECTRICE

Centralele termoelectrice sunt mari producătoare de energie electrică, dar în acelaşi timp, sunt şi mari consumatoare de energie electrică. Energia electrică se foloseşte pentru antrenarea diferitelor maşini şi mecanisme, fără de care producţia de energie electrică nu este posibilă. Astfel, la centralele termoelectrice energia electrică este folosită pentru prepararea combustibilului şi introducerea lui în focarul cazanelor, introducerea aerului în focar şi extragerea gazelor arse, alimentarea cazanelor cu apă, extragerea aerului din condensatorul turbinei, alimentarea cu apă a centralei, comanda utilajului termomecanic şi electric, ventilarea încăperilor, iluminat etc.

Consumul propriu de energie electrică al centralelor termoelectrice depinde de foarte mulţi factori (felul combustibilului, presiunea iniţială a aburului, tipul turbogeneratoarelor şi puterea lor, modul de antrenare a pompelor de alimentare etc.) şi este cuprins între 5 şi 8% din producţia totală de energie electrică.

Ca mecanisme de antrenare la centralelele termoelectrice se folosesc în principal motoarele electrice. Fac excepţie pompele de alimentare, care pentru grupuri cu puteri peste 200 MW sunt antrenate de turbine cu abur.

Ca alimentare de bază a serviciilor interne se foloseşte generatorul şi sistemul electric. Pentru alimentarea sistemului de servicii interne se prevăd transformatoare coborâtoare, instalaţii

de distribuţie şi reţea, la fel ca pentru întreprinderile industriale de aceeaşi putere şi importanţă. Spre deosebire de întreprinderile industriale, în centralele electrice se prevăd şi surse independente de sistemul energetic pentru alimentarea sistemelor de comandă, a anumitor dispozitive importante şi a iluminatului de siguranţă. Ca surse independente se folosesc: baterii de acumulatoare şi grupuri Diesel de rezervă de putere nu prea mare.

Elementele centralelor termoelectrice (enumerate mai sus), care sunt necesare pentru o funcţionare economică şi sigură a lor (mecansimele antrenate de motoarele electrice şi turbine cu abur, receptorii de energie de toate tipurile, reţelele electrice, instalaţiile de distribuţie, transformatoarele coborâtoare, sursele de energie independente, precum şi instalaţia de comandă) formează sistemul de servicii interne al centralelor termoelectrice.

Funcţionarea normală a centralei este posibilă numai în cazul funcţionării sigure a sistemului de servicii interne. Perturbarea funcţionării agregatelor de servicii interne din cauza întreruperii alimentării cu energie electrică duce la oprirea funcţionării agregatelor de bază, iar în anumite cazuri şi a centralei în întregime. Din această cauză cerinţa de bază la care trebuie să răspundă sistemul de servicii interne este cerinţa de siguranţă în funcţionare. Nu mai puţin importantă este cerinţa de economicitate a sistemului de servicii interne. Economicitatea sistemului de servicii interne implică atât reducerea investiţiilor, cât şi un consum minim de energie electrică şi termică .

In etapa actuală, alimentarea cu energie electrică a sistemului de servicii interne ale centralelor termoelectrice, nuclearoelectrice şi hidroelectrice se face simplu şi economic de la generatoare şi sistem. Sursele independente au funcţii limitate. Trebuie precizat că la această soluţie nu s-a ajuns dintr-o dată. Au fost necesari mulţi ani de studiu şi de experienţă de exploatare ca să se ajungă la un sistem sigur de servicii interne.

Pentru a se înțelege mai bine sistemul actual de alimentare a sistemului de servicii interne, precum și deficiențele altor soluții utilizate și greutățile întâmpinate, este utilă prezentarea evoluției în timp a modului de rezolvare a problemei.

1.1. Sursele de energie pentru alimentarea sistemului de servicii interne

Necesitatea alegerii unei surse de energie sigure și economice pentru alimentarea sistemului de servicii interne a apărut în anul 1940, odată cu apariția centralelor electrice cu puteri unitare de 50 MW și cu crearea sistemelor energetice.

La etapa aceea, generatorul și sistemul nu puteau asigura o alimentare sigură a serviciilor interne. Scurtcircuitele din rețeaua exterioară și din interiorul centralei, datorită imperfecțiunii protecțiilor prin relee și a întreruptoarelor, a lipsei regulatoarelor automate a excitației generatoarelor, duceau la scăderi pronunțate și de durată ale tensiunii în sistemul de servicii interne. In sistemul de servicii interne se foloseau în exclusivitate motoare asincrone cu rotorul bobinat și reostat de pornire. La scăderea tensiunii chiar pentru scurt timp, motoarele electrice se deconectau de la rețea prin protecția de minimă tensiune, ceea ce ducea la perturbarea funcționării serviciilor interne și prin urmare a întregii centrale. In aceste condiții a fost necesar să se racordeze sistemul de servicii interne la generatoare și rețele de distribuție ale centralei. Pentru alimentarea sistemului de servicii interne se mai prevedeau unul sau două turbogeneratoare independente. Aceste turbogeneratoare au primit denumirea de turbogeneratoare de casă și se alimentau cu abur de la același cazan ca și agregatele principale (fig.1.1). Aburul de la turbinele de casă se folosea pentru preîncălzirea apei de alimentare sau se introducea în condensatorul turbinei principale. La presiuni ale aburului nu prea mari (20-30 bar) și în lipsa supraîncălzirii intermediare a aburului, o astfel de schemă nu a dus la greutăți prea

mari de execuţie şi se considera destul de economică. Generatoarele de casă se racordau la barele de servicii interne (3-6 kV), nelegate în regim normal la barele de înaltă tensiune ale centralei. Pentru rezervă se prevedea un transformator. La astfel de scheme (cu surse de energie independente) scăderile de tensiune datorate scurtcircuitelor în afara sistemului de servicii interne, precum şi scăderile de frecvenţă în sistemul energetic nu influenţau alimentarea cu energie electrică a agregatelor serviciilor interne.

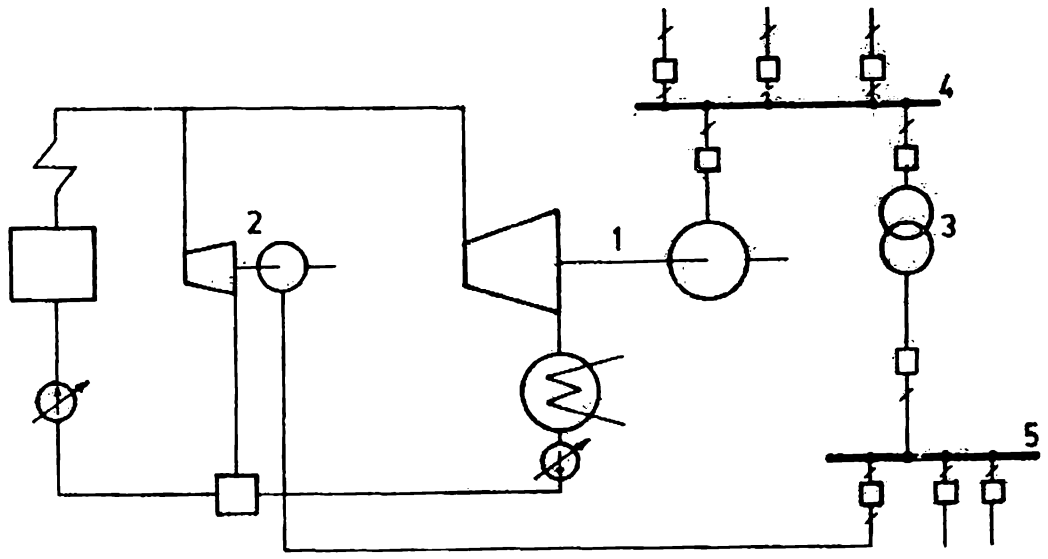


Fig.1 1. Schema principială a sistemului de servicii interne al unei CTE cu generatoare de casă.
1.Turbogenerator principal; 2.Turbogenerator de casă; 3.Transformator de servicii interne;
4. Staţia de înaltă tensiune; 5. Instalaţia de distribuţie pentru servicii interne

Odată cu creşterea puterii turbogeneratoarelor şi a presiunii aburului, alimentarea cu abur de înaltă presiune a turbogeneratoarelor de casă a devenit din ce în ce mai grea.

La anumite centrale, turbogeneratoarele de casă au fost înlocuite cu generatoare montate pe acelaşi arbore cu generatorul principal (fig.1.2).

Această schemă se considera mai economică, deoarece randamentul turbinei principale este mult mai mare ca randamentul turboagregatului de casă de putere mică. Generatorul de casă împreună cu excitaţia lui complica construcţia agregatului în întregime şi mărea dimensiunile sălii maşinilor. Cu trecerea timpului s-a perfecţionat aparatajul electric al centralelor, s-au îmbunătăţit condiţiile de explotare şi s-a introdus automatica de sistem. In aceste condiţii personalul de exploatare s-a convins că alimentarea cu energie electrică a sistemului de servicii interne se poate realiza cu mare siguranţă şi mult mai economic de la generatoarele principale şi sistem, fără să se folosească surse independente ca turbogeneratoare de casă sau generatoare de casă, al căror montaj comportă investiţii importante şi mărirea cheltuielilor de exploatare. Această trecere la alimentarea sistemului de servicii interne de la generatoarele principale şi sistem a fost posibilă graţie următoarelor măsuri:

1. Folosirea unor protecţii rapide pentru toate elementele sistemului, inclusiv pentru serviciile interne;

2. Folosirea automaticii de sistem: reglajul automat al excitaţiei generatoarelor; descărcarea automată a sarcinii la scăderea frecvenţei, anclanşarea automată a transformatorului de rezervă şi a mecanismelor de rezervă în sistemul de servicii interne;

3. Folosirea în sistemul de servicii interne a motoarelor asincrone cu rotorul în scurtcircuit cu parametri variabili ai rotorului şi renunţarea la protecţia de minimă tensiune;

4. Construirea corectă a schemei principiale a centralei, precum şi a schemei de lucru şi rezervă a serviciilor interne prin care se asigură autopornirea motoarelor după pauze scurte de tensiune.

Ultima condiţie este obligatorie şi are o foarte mare importanţă. O condiţie foarte importantă de funcţionare a motoarelor electrice din cadrul sistemului de servicii interne şi în consecinţă a centralelor şi sistemului energetic în întregime este menţinerea constantă a

frecvenței. La scăderea frecvenței se reduce turația motoarelor asincrone, ceea ce duce la scăderea productivității mecanismelor de servicii interne care deservesc agregatele de bază. Ca urmare, producția de energie electrică a centralei scade. Cauza scăderii frecvenței este supraîncărcarea sistemului energetic datorită deconectării unei centrale sau a unei linii de interconexiune. Prin aceasta, puterea în funcțiune a centralelor se micșorează, ceea ce duce la o scădere în continuare a frecvenței. Dacă în această situație nu se descarcă sistemul prin deconectarea unor consumatori, se poate perturba întreaga lui funcționare. Astfel de avarii au fost posibile până când s-a introdus sistemul de descărcare automată a sarcinii la scăderea frecvenței (D.A.S.).

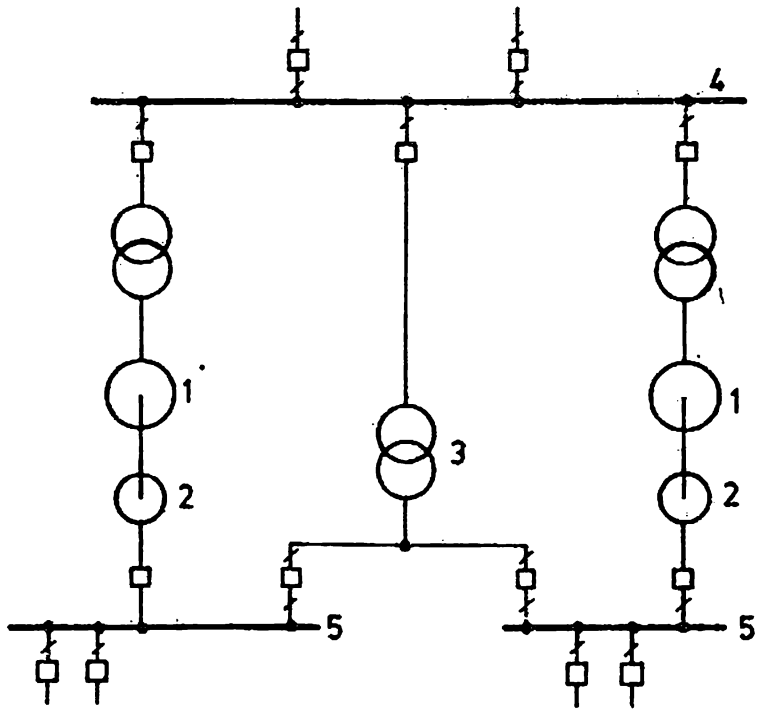


Fig.1.2. Schema principială a sistemului de servicii interne al unei CTE cu generatoare de casă.

1.Generatorul principal; 2.Generatorul de casă; 3.Transformatorul de servicii interne;

4. Stația de înaltă tensiune; 5.Instalația de distribuție pentru servicii interne

Prin aplicarea măsurilor enumerate la punctele 1÷4, prevederea surselor independente pentru alimentarea cu energie electrică de curent alternativ a serviciilor interne nu mai este obligatorie. Fac excepţie anumite centrale nuclearoelectrice.

La centralele termoelectrice ca surse independente se prevăd baterii de acumulatoare. Sarcina bateriilor de acumulatoare este să alimenteze (în orice condiţii) comenzile, protecţiile prin relee, automatizările, semnalizările şi telefonia. În cazul dispariţiei tensiunii alternative energia disponibilă în bateria de acumulatoare se foloseşte de asemenea pentru iluminatul de siguranţă al centralei şi pentru alimentarea anumitor mecanisme de mică putere, care asigură oprirea fără deteriorări a turbinelor de bază. În această categorie intră pompele de ulei de ungere şi etanşare, virorul etc.

Capacitatea bateriei de acumulatoare se alege astfel încât să fie îndeplinite anumite condiţii privind buna funcţionare, atât a acumulatoarelor, cât şi a consumatorilor de lungă sau scurtă durată alimentaţi de baterie.

Mărirea capacităţii bateriilor de acumulatoare nu este recomandabilă. Din aceasată cauză la centralele termoelectrice de mare putere se prevăd suplimentar grupuri Diesel - generator de curent alternativ, cu pornire rapidă în caz de avarie. Puterea grupurilor Diesel nu este mare şi din această cauză pornirea centralei după o avarie cu ajutorul lor nu este posibilă. Este absolut necesar ca energia necesară pentru o astfel de pornire să fie luată din sistem.

1.2. Schemele electrice de alimentare a serviciilor interne în centrale cu blocuri generator-transformator

In sistemul de servicii interne al centralelor termoelectrice de mare putere se utilizează una sau multe trepte de tensiune pentru racordarea consumatorilor şi pentru distribuţie. La

tensiunea joasă de 380 V se racordează motoare având puteri unitare de maximum 150 kW, iar la tensiunea de 6 kV se racordează motoare cu puteri unitare de minimum 150 kW. Barele de 6 kV se alimentează prin intermediul unor transformatoare coborâtoare racordate la bornele generatoarelor sau la sistem. Barele de joasă tensiune se alimentează prin intermediul unor transformatoare coborâtoare de la barele de 6 kV.

Pentru prezentarea schemelor de alimentare a sistemului de servicii interne se vor folosi scheme principiale, în care nu sunt arătate toate elementele, ci numai cele care interesează pentru evidenţierea aspectelor principale ale problemei. Din această cauză o serie de detalii sunt omise sau sunt prezentate simplificat.

Se vor analiza numai schemele pentru consumatorii principali, care sunt influenţaţi de perturbaţiile din sistem.

Consumatorii principali din serviciile interne ale centralelor electrice antrenează agregatele care condiţionează funcţionarea grupurilor din centrale, cum sunt agregatele turbinelor, ale circuitelor de termoficare şi ale circuitului hidrotehnic (pompe de condens, pompe de vid la turbine cu ejector cu apă, pompe de circulaţie, pompe de turn, pompe de reţea de termoficare etc.), agregatele instalaţiei de alimentare (pompe de alimentare, pompe de transvazare etc.), agregatele cazanelor (ventilatoare, mori, pompe de evacuare hidraulică a cenuşei, pompe de păcură etc.), agregatele generatorului (excitatoare, regulatoare automate de tensiune etc.).

Principiul care stă la baza alegerii unei scheme electrice de alimentare a serviciilor interne în centrale organizate pe blocuri constă în realizarea unor separări cât mai complete a schemei pe fiecare bloc în parte, în vederea asigurării unei independenţe cât mai pronunţate în funcţionarea unui bloc în raport cu celelalte. In acest scop, fiecărui bloc generator-transformator îi sunt afectate unul sau (dacă este cazul) două transformatoare de servicii interne, denumite prescurtat

TSIB (transformatoare de servicii interne de bloc). Acest transformator este destinat pentru alimentarea tuturor receptoarelor de servicii interne ale blocului (receptoarele de bloc) şi, în anumite scheme, pentru alimentarea unei părţi din receptoarele generale, adică comune pentru întreaga centrală sau pentru un anumit număr de blocuri.

Schemele în care se face racordarea acestor transformatoare diferă de la centrală la centrală, însă ele pot fi sistematizate principial, ca în fig.1.3, a şi b.

Astfel, în fig.1.3,a este reprezentată schema cea mai simplă de racordare a transformatorului TSIB. Schema oferă avantajul simplităţii şi al lipsei unor elemente suplimentare de comutaţie la bornele generatorului. De asemenea, această schemă permite o racordare foarte sigură, în bare capsulate pe fază, între bornele generatorului şi cele ale transformatorului de bloc, precum şi între punctul de racord al transformatorului TSIB şi bornele acestuia. Celula de sub generator rezultă foarte simplă, deoarece în aceasta se amplasează numai aparatajul necesar reglajului excitaţiei, dezexcitării rapide, forţării excitaţiei etc.,

Dezavantajele acestei scheme constau în faptul că transformatorul TSIB nu poate servi şi pentru pornirea blocului, în acest scop fiind necesară alimentarea barei de servicii interne de la altă sursă, până când se face sincronizarea la bare a blocului prin intermediul întreruptorului 1I. Acest dezavantaj este destul de serios, deoarece, în cazul indisponibilităţii, în momentul pornirii blocului, a sursei de rezervă sau în cazul defectării transformatorului racordat la această sursă, blocul nu poate fi pornit. Ca o consecinţă a acestui fapt, apare necesitatea de a se prevedea transformatoare suplimentare de pornire, în special la centralele cu mai multe blocuri.

In vederea înlăturării dezavantajului menţionat, se apelează la schema din fig.1.3,b. In această schemă, în timpul pornirii blocului, întreruptorul 2I este deschis, iar receptoarele de servicii interne ale blocului care trebuie să funcţioneze în timpul pornirii sunt alimentate din sistem prin intermediul transformatorului de bloc şi al transformatorului TSIB. După pornire,

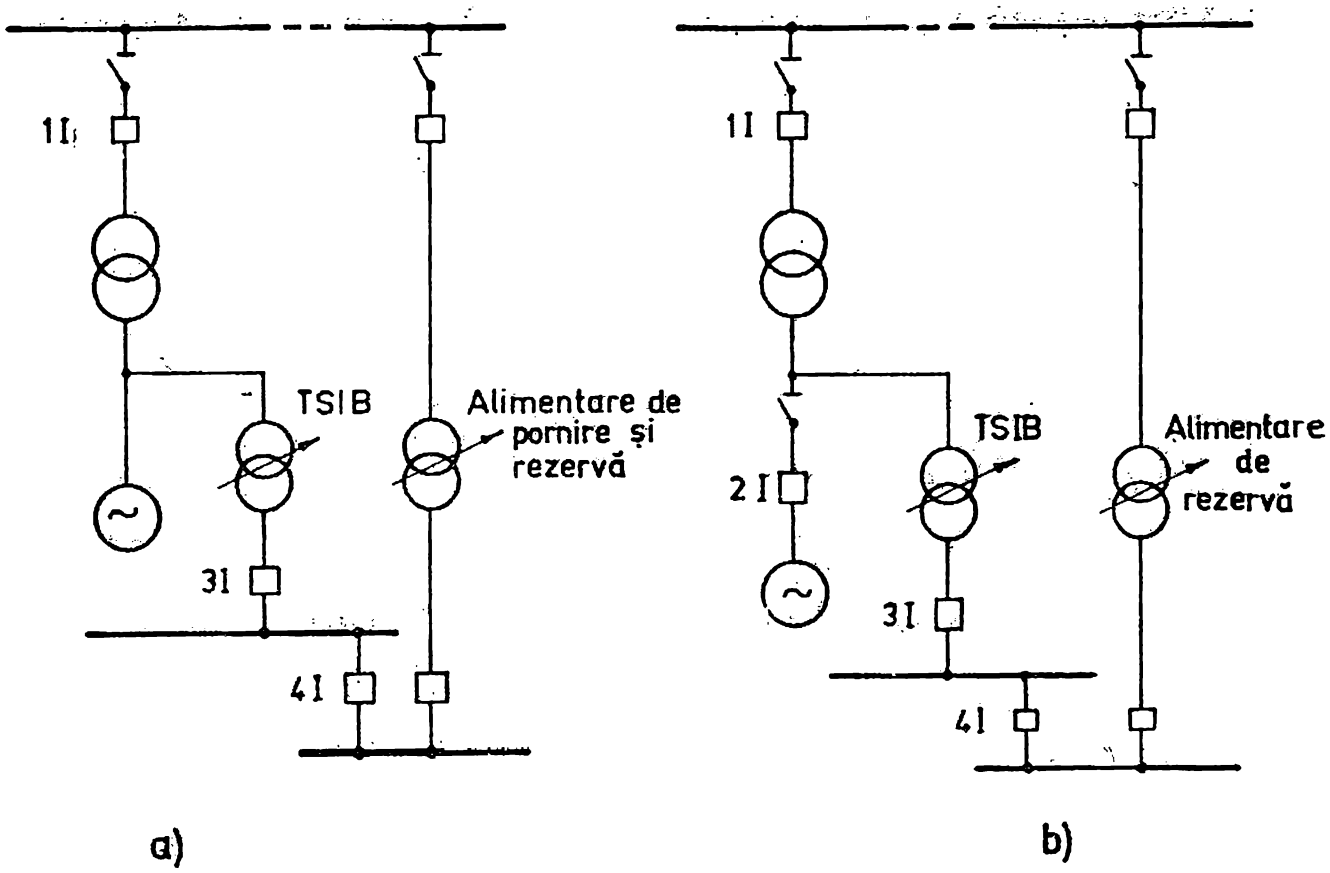


Fig.1.3. Soluții de bază pentru alimentarea serviciilor interne

sincronizarea cu sistemul se face prin închiderea întreruptorului 2I. Avantajele acestei scheme, în raport cu prima schemă, sunt evidente, mai ales datorită faptului că același transformator poate fi folosit atât pentru alimentarea normală a serviciilor proprii cât și pentru pornirea blocului. Evident că într-o asemenea schemă numărul transformatoarelor de servicii interne de rezervă pe întreaga centrală va fi mai redus. In afară de acest avantaj, această schemă nu necesită ca în fig.1.3,a - trecerea, după pornirea blocului, de pe alimentarea de la sursa de pornire pe sursa normală (adică pe alimentarea de la TSIB). In schemele în care această trecere este necesară, ea se poate face în două feluri, și anume:

- prin sincronizarea la barele de servicii interne a transformatorului TSIB cu sursa de rezervă, cu deconectarea sursei de rezervă (trecerea fără întreruperea alimentării serviciilor

interne);

- prin AAR (anclanşarea automată a rezervei), caz în care trecerea de pe alimentarea de la sursa de pornire pe sursa normală se face prin deconectarea prealabilă a întreruptorului 4I, urmată de anclanşarea automată a întreruptorului 3I.

Ambele sisteme de trecere pe sursa de alimentare normală comportă anumite riscuri şi de aceea se consideră ca prezentând un avantaj suplimentar schema care evită această trecere.

Riscurile sunt următoarele:

- la trecerea prin sincronizare, prin cuplarea în paralel a celor două surse de alimentare (de pornire şi normală), puterea de scurtcircuit pe barele serviciilor interne creşte foarte mult şi în cazul unui scurtcircuit în acest regim de funcţionare există pericolul distrugerii unor aparate sau căi de curent. Probabilitatea acestui risc este însă redusă, dat fiind timpul scurt în care se funcţionează cu sursele în paralel;

la trecerea prin AAR de pe sursa de pornire pe cea normală, există riscul ca, după deconectarea întreruptorului 4I, întreruptorul 3I să refuze închiderea, ceea ce conduce, evident, la eşecul punerii în funcţiune a blocului.

Dezavantajul schemei din figura 1.3,b îl constituie capsularea pe fază a barelor de legătură între generator şi transformatorul de bloc; în cazul când întreruptorul 2I nu poate fi procurat în execuţie separată pentru fiecare fază, capsularea monofazată pe tot circuitul devine imposibilă.

Aceasta conduce la mărirea probabilităţii de apariţie a unor defecte polifazice în apropierea imediată a bornelor generatorului. Riscul creşte datorită prezenţei unor aparate de comutaţie suplimentare între generator şi transformator

Un alt dezavantaj constă în faptul că întreruptorul 2I trebuie să fie un aparat deosebit de robust, fiind parcurs de curenţi foarte mari, atât în exploatare normală, cât şi în regim de

scurtcircuit, ceea ce îl face să fie un aparat scump.

Pentru reducerea consecințelor acestui dezavantaj se renunță în majoritatea cazurilor la funcția de întreruptor și i se conferă acestui aparat numai funcția de cuplor, el servind deci exclusiv pentru sincronizare. Dacă la schemele cu transformatoarele de bloc cu o singură înfășurare de înaltă tensiune alegerea uneia sau a alteia dintre variantele discutate mai comportă discuții, schema din figura 1.3,b este obligatorie în cazul când transformatorul de bloc are două înfășurări de tensiune înaltă (fig.1.4). In asemenea cazuri trebuie să existe posibilitatea menținerii legăturii între cele două tensiuni înalte la care debitează blocul și în cazul unui defect în generator.

O altă variantă de racordare a transformatorului TSIB este prezentată în figura 1.5,a. Sistemul este folosit în special în cazul blocurilor conectate la barele colectoare ale sistemului, situate la o anumită distanță de centrală (de ordinul cîtorva km). In această schemă se renunță la întreruptorul de la bornele generatorului, sincronizarea blocului după pornire făcându-se prin închiderea întreruptorului 5I. Se observă că această schemă permite alimentarea în continuare a serviciilor interne de bloc și în cazul când partea electrică a blocului (adică generatorul sau transformatorul de bloc) este deconectată de protecția contra defectelor interioare prin întreruptorul 5I. Astfel se asigură reluarea rapidă a funcționării blocului, de exemplu în cazul unei funcționări incorecte a protecției blocului.

In cazul unei scheme bloc generator-transformator-linie se poate prevedea un întreruptor la bornele generatorului, ca în fig.1.5,b sau se poate adopta o schemă de tipul celei din fig.1.5.a, rămânând valabile considerațiile referitoare la avantajele și dezavantajele legate de prezența întreruptorului 2I.

In unele centrale electrice nu toate receptoarele de servicii interne pot fi racordate pe barele de servicii interne ale blocului. Cu toate că în prezent se tinde spre o "blocizare" maximă,

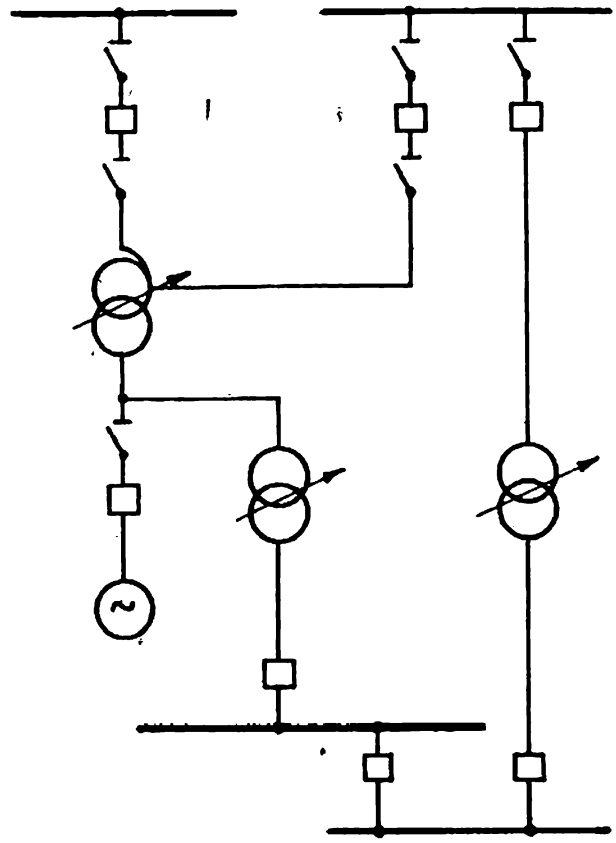


Fig.1.4. Cazul transformatorului de bloc cu trei înfăşurări

unele receptoare sunt de interes general, devenind instalaţii comune întregii centrale (de exemplu: utilaje din instalaţii de epurare chimică, staţii de pompe, alimentarea cu combustibil, instalaţii de aer comprimat, iluminat etc.) şi de aceea este de dorit ca acestea să nu fie afectate de defectarea barelor de servicii interne ale unui bloc. Acest aspect se face în special remarcat la centralele electrice de termoficare, unde există receptoare generale importante aparţinând instalaţiilor de termoficare.

Când o asemenea situaţie apare (şi acestea sunt mai frecvente la centralele pe combustibil solid şi la centralele de termoficare), în schema de alimentare cu energie electrică se prevăd bare de servicii interne generale, de la care se alimentează toţi aceşti consumatori. Când barele pentru

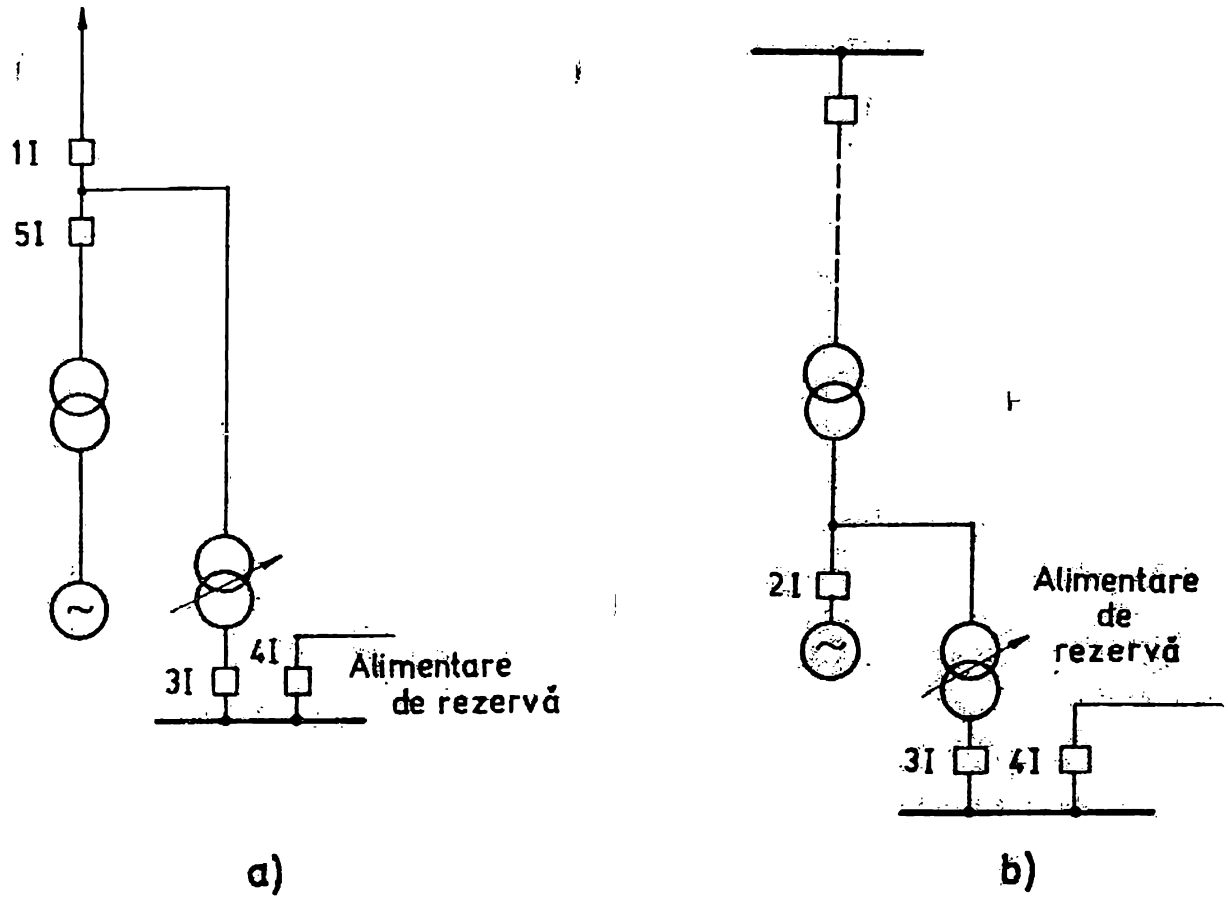


Fig.1.5. Alimentarea serviciilor interne în cazul conectării blocului la o stație aflată la distanță față de centrală

servicii interne generale există, ele servesc şi ca surse de rezervă şi pornire pentru barele de servicii interne de bloc (fig.1.6).

După prezentarea principiilor generale care stau la baza stabilirii elementelor schemelor de alimentare a serviciilor interne în centralele cu blocuri generator-transformator, se vor prezenta în continuare soluțiile principiale cele mai reprezentative pentru schemele de servicii interne în asemenea centrale.

Trebuie menționat că schemele de alimentare a instalațiilor de servicii interne cu energie

electrică sunt extrem de variate, deoarece ele sunt determinate de o mulţime de condiţii locale şi specifice; cum ar fi: schema electrică a centralei şi felul în care se face racordarea la sistem, importanţa centralei în sistem, felul combustibilului, puterea unitară a grupurilor, tipurile

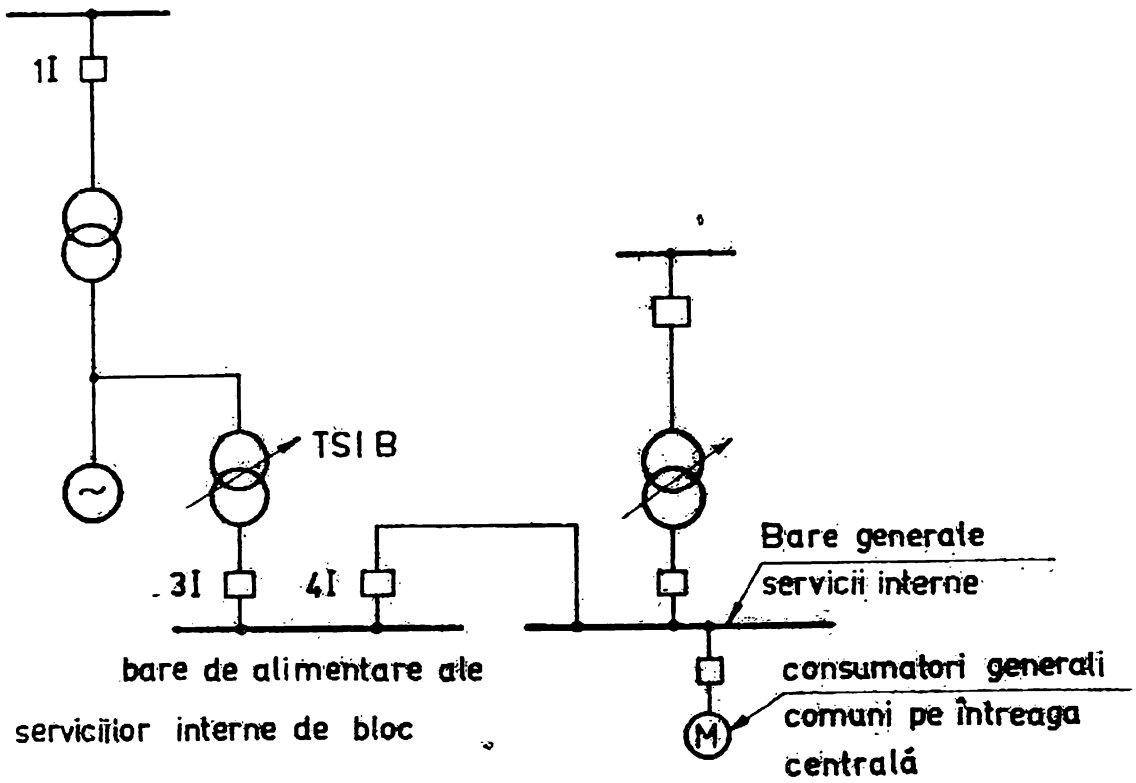


Fig.1.6. Cazul centralelor prevăzute cu sistem de servicii interne generale

de aparataj disponibil etc., şi de aceea o sistematizare a soluţiilor este destul de anevoioasă. Indiferent însă de soluţia adoptată, la concepera schemei de alimentare trebuie avute în vedere următoarele:

- sursele de alimentare de rezervă trebuie să fie afectate cât mai puţin posibil în cazul apariţiei unui defect la sursa de alimentare normală;

- economicitatea soluţiei;

- corelarea nivelului de siguranţă impus schemei electrice de alimentare cu nivelul de siguranţă impus instalaţiilor tehnologice termomecanice.

In figurile 1.7 şi 1.8 sunt arătate două scheme reprezentative pentru alimentarea cu energie electrică a instalaţiilor de servicii interne ale unor centrale termoelectrice de putere mare folosite în ţara noastră.

In figura 1.7 este prezentată o schemă pentru o centrală echipată cu grupuri de condensaţie de putere unitară egală cu 200 MW sau mai mare, în care toate serviciile interne sunt "blocizate", adică în care nu există bare generale.

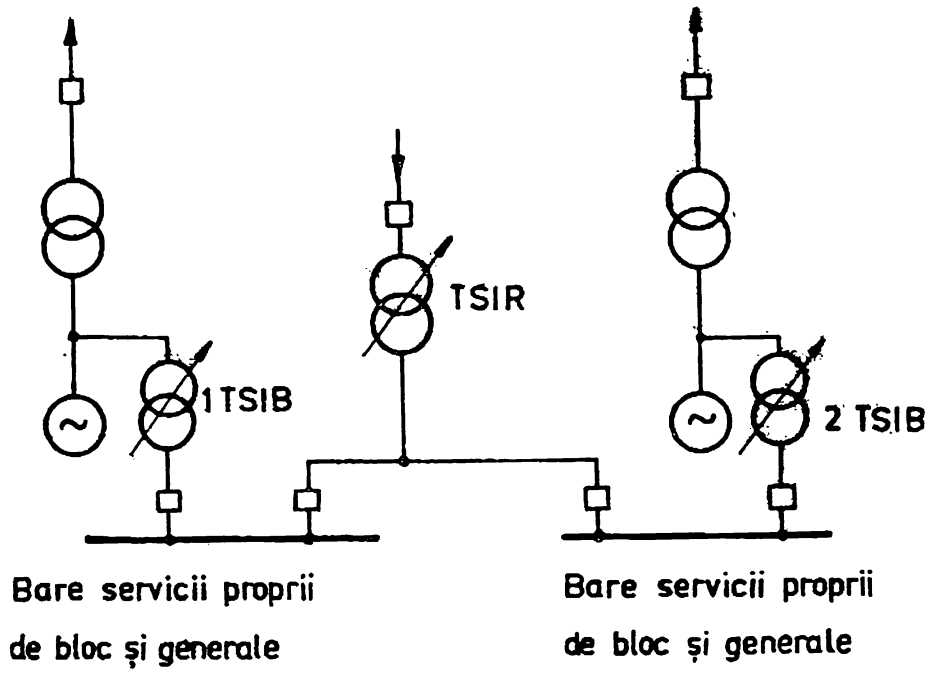


Fig.1.7. Schemă de alimentare fără bare separate de servicii interne generale

In acest caz este necesar a se prevedea (în conformitate cu normativele din România) câte un transformator de servicii interne de rezervă şi pornire pentru fiecare grup de două blocuri.

In figura 1.8 este prezentată schema unei centrale echipată cu grupuri de 200 MW şi mai

mari. la care serviciile interne generale sunt alimentate de pe câte un sistem de bare generale pentru o pereche de blocuri. Aceste bare servesc totodată şi ca surse de rezervă şi pornire pentru secţiile de bare de bloc. Această soluţie este favorizată de existenţa mai multor blocuri în centrală. de exemplu patru, când vor exista deci două TSIR (câte unul pentru fiecare pereche).

O deosebită importanţă se acordă modului de racordare a transformatoarelor de rezervă. Acestea trebuie să fie alimentate de la o sursa independentă de cea la care sunt racordate transformatoarele pe care le înlocuiesc.

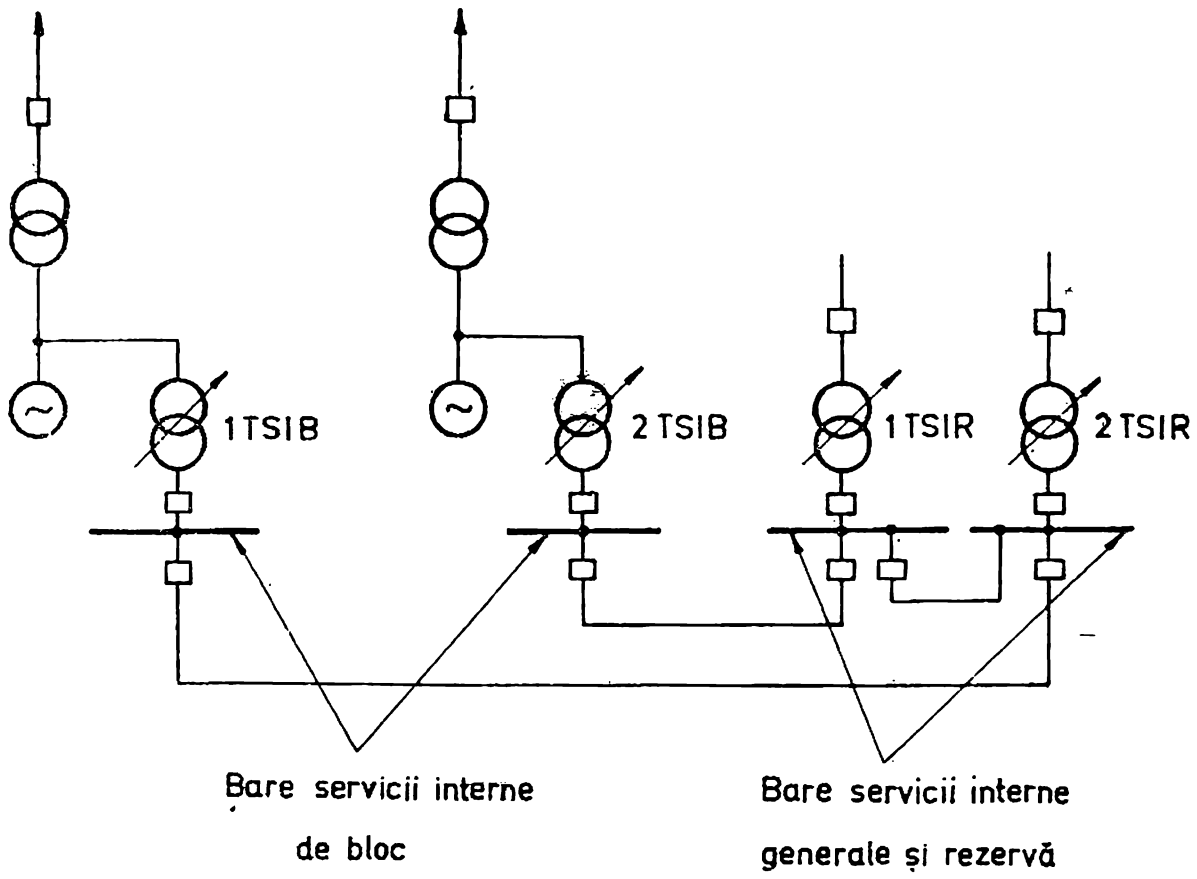


Fig.1.8. Schemă de alimentare cu bare separate pentru serviciile interne generale

Numărul de secţii de bare ale sistemelor de bare de servicii interne de bloc se stabileşte ţinând seama, fie de necesitatea reducerii nivelului puterii de scurtcircuit (fig.1.9,a şi b), fie de necesitatea repartizării receptoarelor, astfel încât un defect survenit pe una din secţiile de bare să nu afecteze funcţionarea întregului bloc (fig.1.9,c). Este evident că din acest ultim motiv, secţionarea nu are rost dacă utilajele de servicii interne nu sunt dublate pe partea tehnologică termomecanică sau dacă nu există mai multe utilaje de acelaşi fel (de exemplu ventilatoare) care să asigure fiecare un anumit debit, astfel încât la ieşirea din funcţiune a unuia (unora) dintre ele (racordate pe o secţie de bare), celelalte (racordate pe altă secţie de bare) să poată asigura funcţionarea grupului eventual la sarcină redusă.

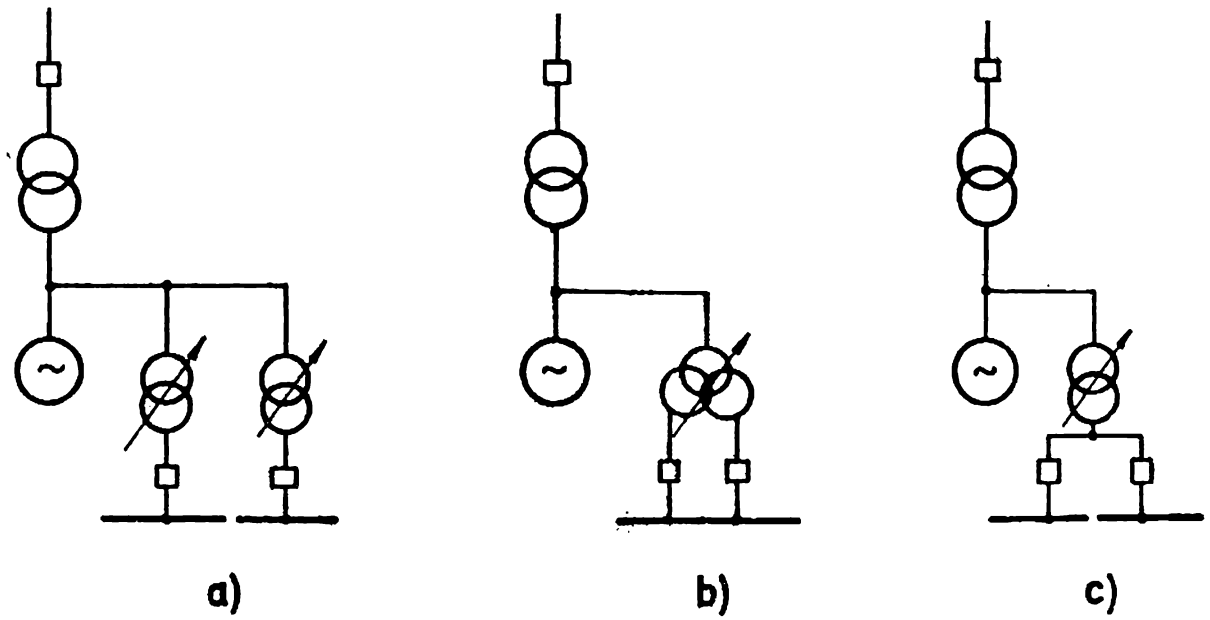


Fig.1.9. Variante de realizare a barelor de servicii interne de bloc

Schemele instalaţiilor de servicii interne de joasă tensiune urmăresc, în general, principiile generale enumerate mai sus.

CAPITOLUL II

INFLUENTA PERTURBATIILOR DIN SISTEMUL ELECTRIC ASUPRA SERVICIILOR INTERNE ALE CENTRALELOR TERMOELECTRICE DE MARE PUTERE

In cazul perturbaţiilor în reţeaua de alimentare, interesează variaţiile de tensiune şi frecvenţă la bornele motoarelor în următoarele două cazuri.

Cazul 1. Perturbaţii datorate debuclării reţelei, şi anume în partea de reţea izolată care înaintea debuclării era consumatoare de putere.

In acest caz, după debuclare, puterea consumată este mai mare faţă de puterea produsă şi, ca urmare, are loc scăderea frecvenţei. Prin acţiunea regulatoarelor de turaţie, autoreglajul reţelei şi funcţionarea releelor de descărcare automată a sarcinii se limitează scăderea frecvenţei la valoarea admisă de 48 Hz, care se consideră limită inferioară a frecvenţei, care trebuie să se aibă în vedere pentru funcţionarea normală a motoarelor de servicii interne.

Simultan cu scăderea frecvenţei se poate lua în considerare şi scăderea tensiunii, deoarece se poate presupune că sistemul izolat era şi consumator de putere reactivă.

In aceste cazuri există şi căderi suplimentare de tensiune la bornele motoarelor, care sunt limitate de posibilităţile de suprasarcină ale dispozitivelor de excitatie ale generatoarelor.

In sensul celor arătate, la alegerea motoarelor asincrone se iau în considerare, cumulat, căderi de tensiune la bornele transformatorului de servicii interne (pe partea de înaltă tensiune) de 15%. şi scăderi de frecvenţă de 4%. Se constată că, în aceste condiţii, scăderea frecvenţei

provoacă numai o creştere foarte mică a curentului statoric al motoarelor asincrone, în cazul general în care puterea utilă cerută este egală cu valoarea nominală. In figura 2.1 se indică variaţia curentului statoric al unui motor, exprimat în mărimi relative nominale în funcţie de tensiunea relativă nominală la bornele de înaltă tensiune a transformatorului de servicii interne, pentru două valori ale frecvenţei de alimentare.

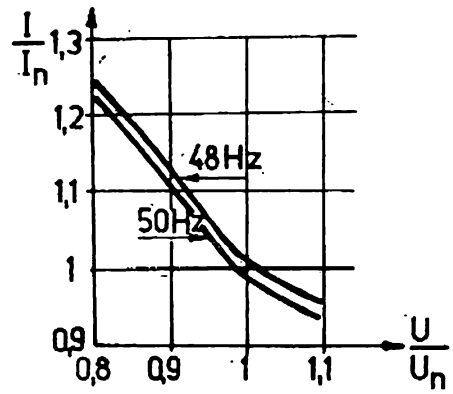


Fig.2.1. Dependenţa curentulu. statoric faţă de tensiune şi frecvenţă

Deoarece cuplul maxim variază invers proporţional cu pătratul frecvenţei, nu apare pericolul desprinderii motorului. In acest sens, se poate considera că funcţionarea cu frecvenţă redusă, având şi o probabilitate de apariţie redusă, nu trebuie să se aibă în vedere în mod special faţă de regimul de funcţionare cu frecvenţă normală.

Cazul 2. Perturbaţii care conduc la regimuri dinamice ale serviciilor interne, adică:

a) scurtcircuite în reţeaua de înaltă tensiune în apropierea barelor centralei;

b) întreruperi în alimentarea unei secţii de bare de servicii interne, urmată de AAR;

c) scurtcircuite în reţeaua serviciilor interne;

d) porniri ale unui motor de mare putere, precum şi a mai multor motoare, în grup.

In caz de scurtcircuit, datorită căderilor de tensiune, se produce micşorarea vitezei de rotaţie a motoarelor de servicii interne, Dacă tensiunea scade excesiv de mult şi pe o durată mai mare de timp, motoarele se opresc. După izolarea defectului, tensiunea în reţeaua de alimentare se restabileşte, iar motoarele care funcţionează cu o turaţie redusă sau chiar s-au oprit, fără să fi fost deconectate, se accelează fără intervenţia personalului de exploatare şi, la restabilirea completă a tensiunii, motoarele ajung la turaţia nominală. In timpul acestui proces, curenţii absorbiţi de motoare depăşesc valorile nominale, însă nu sunt periculoşi, deoarece procesul durează un timp scurt.

Această proprietate a motoarelor asincrone de a porni sau de a-şi mări turaţia la valoarea nominală, la revenirea tensiunii, după eliminarea unui scurtcircuit, se numeşte autopornire.

Autopornirea este larg folosită în serviciile interne ale centralelor electrice, pentru a se evita întreruperea în alimentare a mecanismelor importante din serviciile interne.

Durata procesului de autopornire depinde de timpul de întrerupere a alimentării, de parametrii transformatorului de alimentare, de suma puterilor motoarelor şi a încărcării lor, de tipul caracteristicilor mecanice ale mecanismelor, de poziţia organelor de reglaj (şubărelor şi înclinarea palelor) etc.

Autopornirea este reuşită numai în cazul în care, în timpul cât durează procesul, înfăşurările motoarelor care participă la procesul de autopornire nu depăşesc temperaturile maxime admisibile sau dacă nu apar abateri de la condiţiile cerute de procesul tehnologic.

Pentru motoarele sistemului de servicii interne ale centralelor termoelectrice, timpul admisibil cât poate dura procesul de autopornire, limitat fiind de încălzirea celor mai încărcate mecanisme de servicii interne, este de 30-35s. Pentru motoarele centralelor termoelectrice cu parametri înalţi, timpul admisibil pentru autopornire este determinat din condiţiile tehnologice ale agregatului de cazan şi este de 15-20s. Intreruperile în alimentarea cu apă a cazanelor de

înaltă presiune care depăşesc 15-20s conduc la abateri de la parametrii de calcul ai cazanelor, determinând deconectarea lor prin protecţii tehnologice.

Procesul de autopornire (accelerarea motoarelor) depinde de cauzele care au dus la întreruperea în alimentarea cu energie electrică. In cazul deconectării sursei de alimentare (a transformatorului de lucru) de la barele colectoare procesul decurge altfel decât în cazul scurtcircuitelor pe barele colectoare sau în apropierea lor. Aceasta se explică în felul următor.

In cazul deconectării sursei de alimentare (a transformatorului de lucru) motoarele electrice racordate la barele colectoare, sunt legate între ele electric şi pe baza energiei cinetice şi a energiei electromagnetice menţin pe bare o tensiune reziduală. Datorită faptului că t.e.m. ale motoarelor nu sunt egale între ele şi nu coincid ca fază, iar sarcinile şi caracteristicile mecanice ale mecanismelor nu sunt identice, precum şi datorită altor factori, frânarea în grup a motoarelor se produce prin circulaţie de curenţi între motoare. Astfel, agregatele care au momente de inerţie mari devin generatoare şi transmit o parte din energia lor motoarelor cu inerţie mai mică, care funcţionează în regim de motor. Schimbul de putere între motoare face ca agregatele cu constante de inerţie mare să se frâneze mai repede (decât în cazul frânării individuale), iar motoarele cu constante de inerţie mică să se frâneze mai încet.

In continuare se prezintă procesul de frânare în grup, obţinut prin calcul, cu ajutorul programului care este descris în capitolul V.

In fig.2.2. s-a reprezentat frânarea motoarelor unei secţii de servicii interne a unui grup de 200 MW pe păcură în cazul întreruperii alimentării. Cu linie plină s-a reprezentat frânarea în grup, iar cu linie întreruptă frânarea individuală. In figura 2.3. (pentru aceeaşi secţie de servicii interne) se prezintă circulaţia de puteri între motoarele racordate la aceeaşi secţie de servicii interne. După cum se vede din figura 2.3 electropompa de alimentare EPA, ventilatorul de gaze

VG şi ventilatorul de recirculare VGR sunt motoare generatoare, iar electropompa de circulaţie EPC şi electropompa de recirculare EPR sunt motoare consumatoare.

In figura 2.4 se prezintă frânarea în grup pentru o secţie de bare a unui grup de 300 MW pe cărbune, în cazul întreruperii alimentării. Se vede că în acest caz electropompa de alimentare este motor consumator, iar ventilatorul de gaze şi morile de cărbune (3 mori) sunt generatoare.

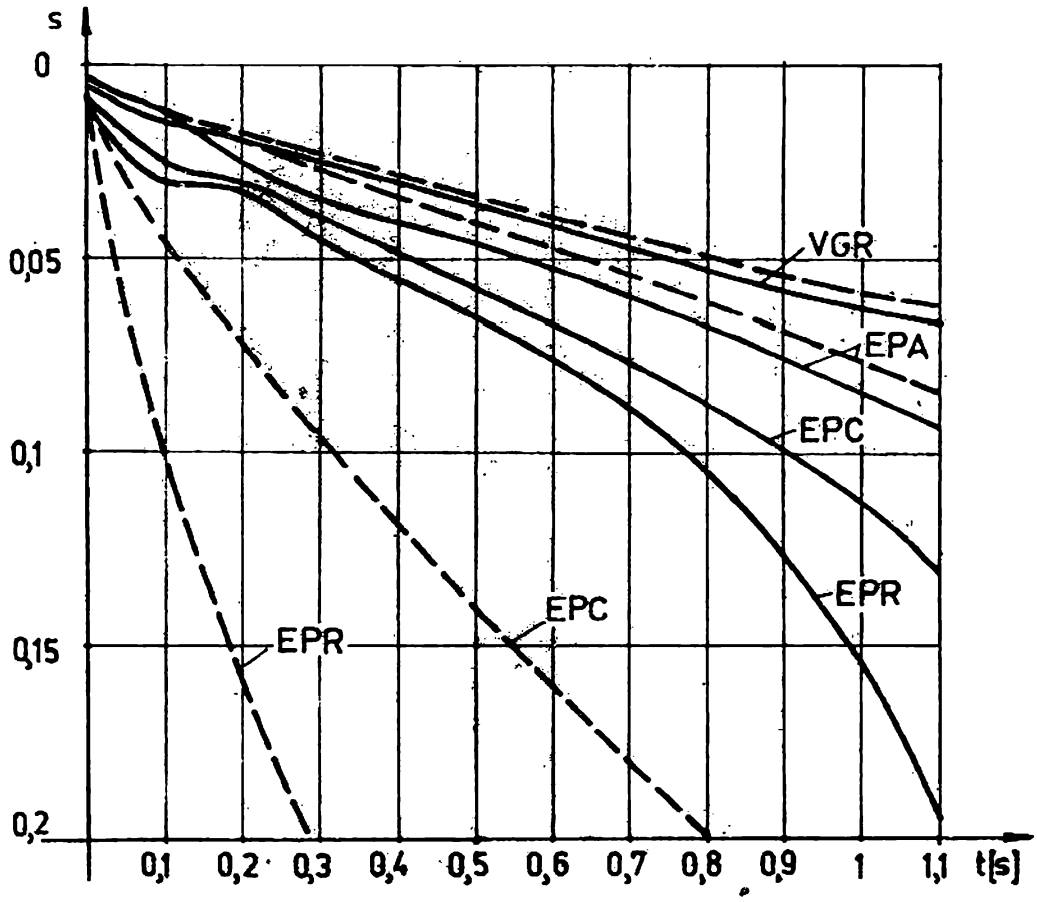


Fig.2.2. Variaţia alunecărilor la frânarea în grup şi frânarea individuală la un TG pe păcură

EPA P=4,25 MW T_j=5,53 s

VGR P=0,2 MW T_j=18,4 s

EPC P=1,15 MW T_j=2,42 s

VG P=0,8 MW T_j=13,8 s

—— Frânare în grup – – Frânare individuală

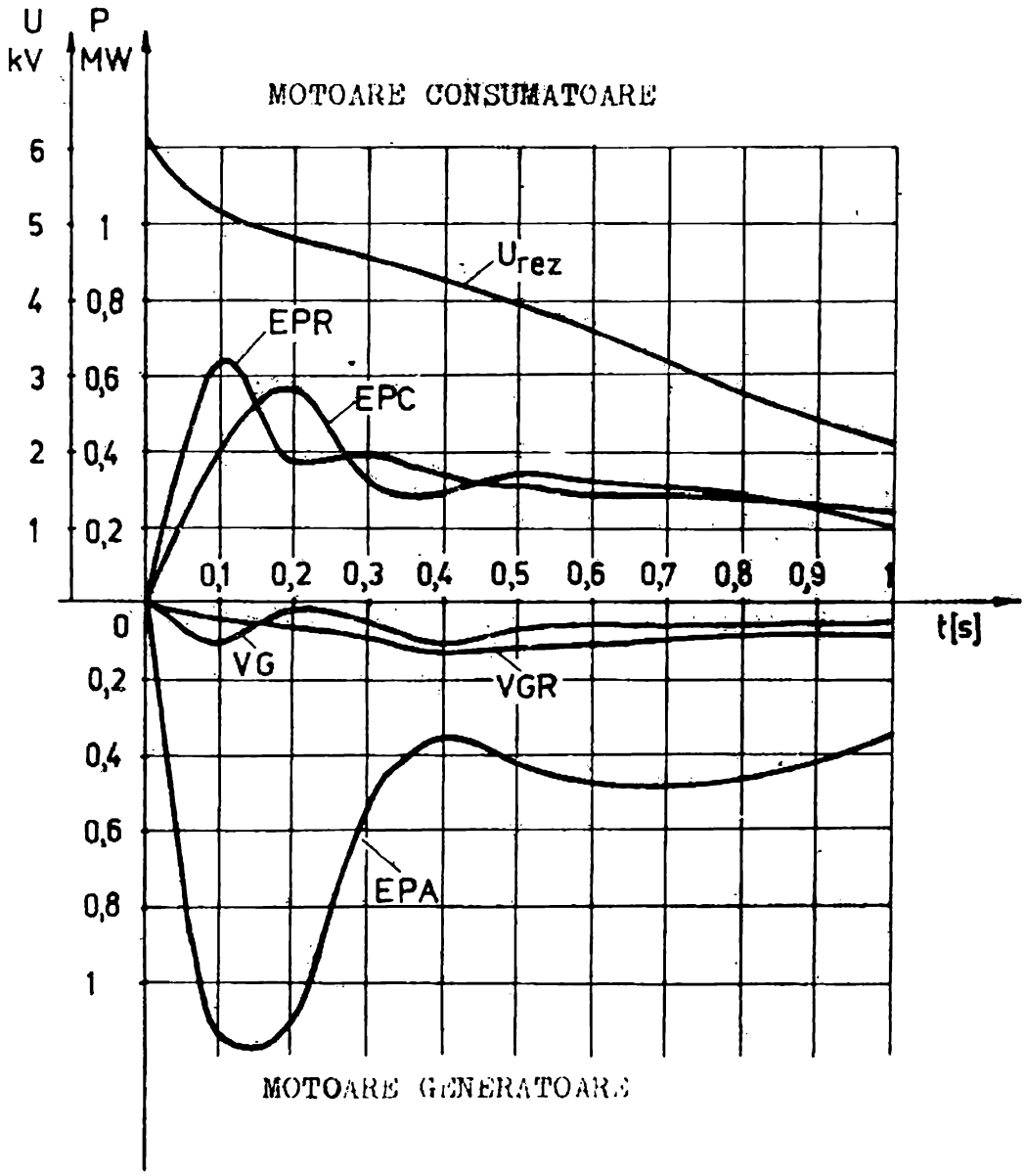
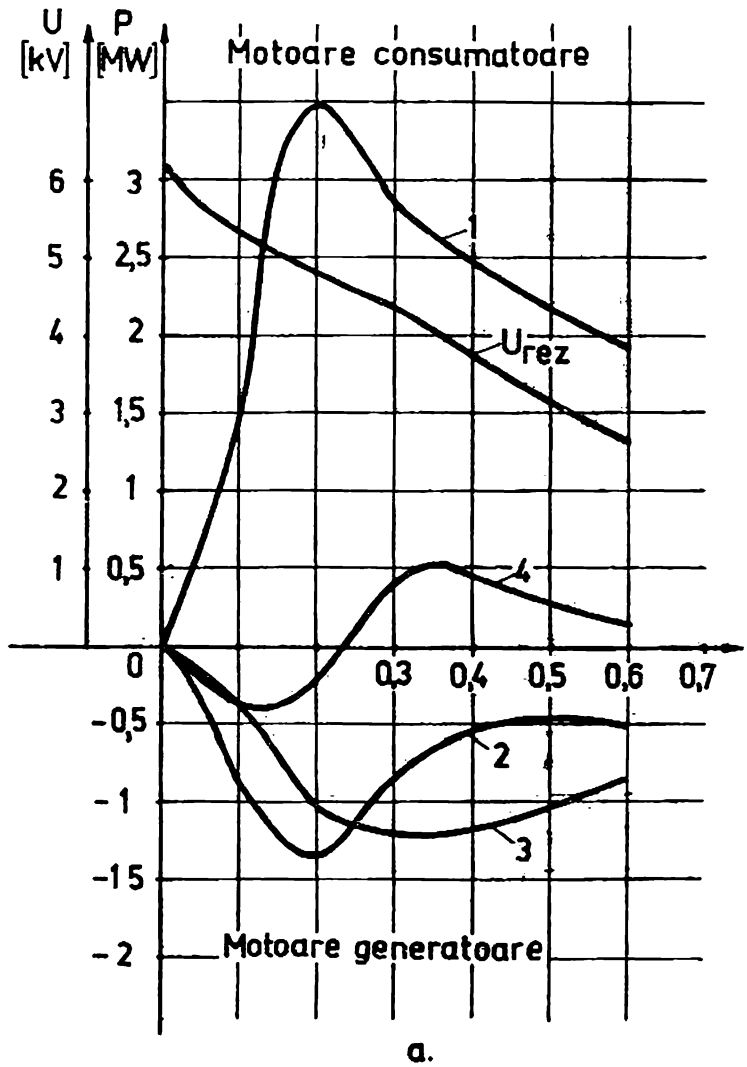
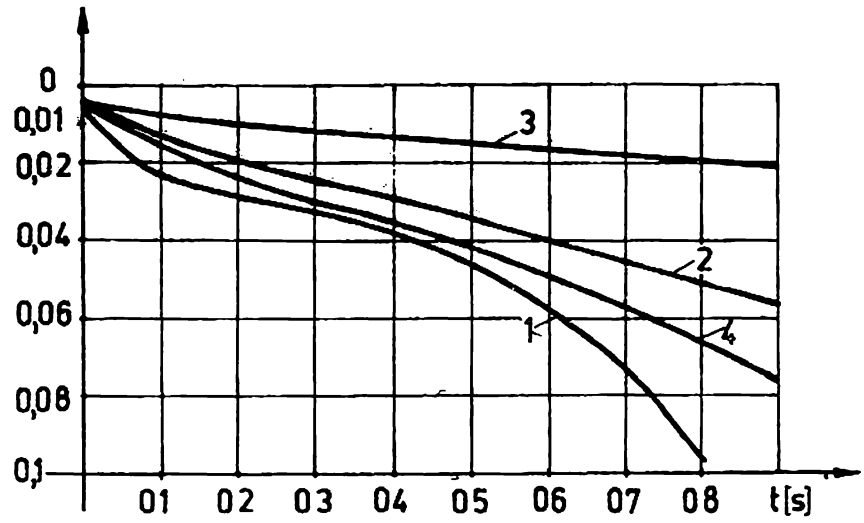


Fig.2.3. Circulația puterilor active la frânarea în grup la un TG 200 MW pe păcură



a.



b.

Fig.2.4. Frânarea în grup a motoarelor la un TG de 300 MW pe cărbune:

a - Circulația puterii active; b - Variația alunecării.

1-EPA 7,2 MW T_j=2,85s; 2-VG 3,2 MW T_j=14,8s; 3-MOARA 1,15 MW T_j=84,2s; 4-VA 3,1 MW T_j=7,82s

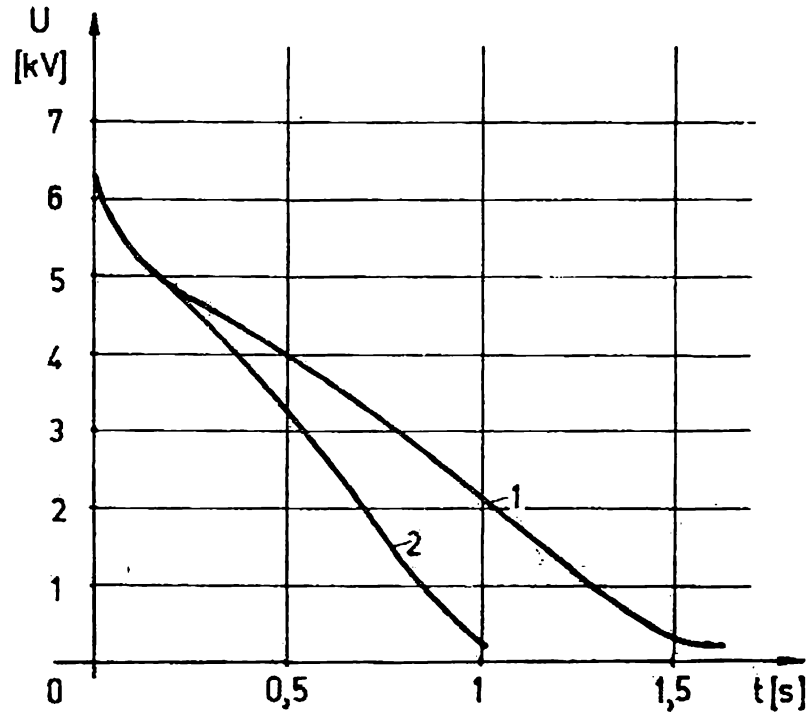
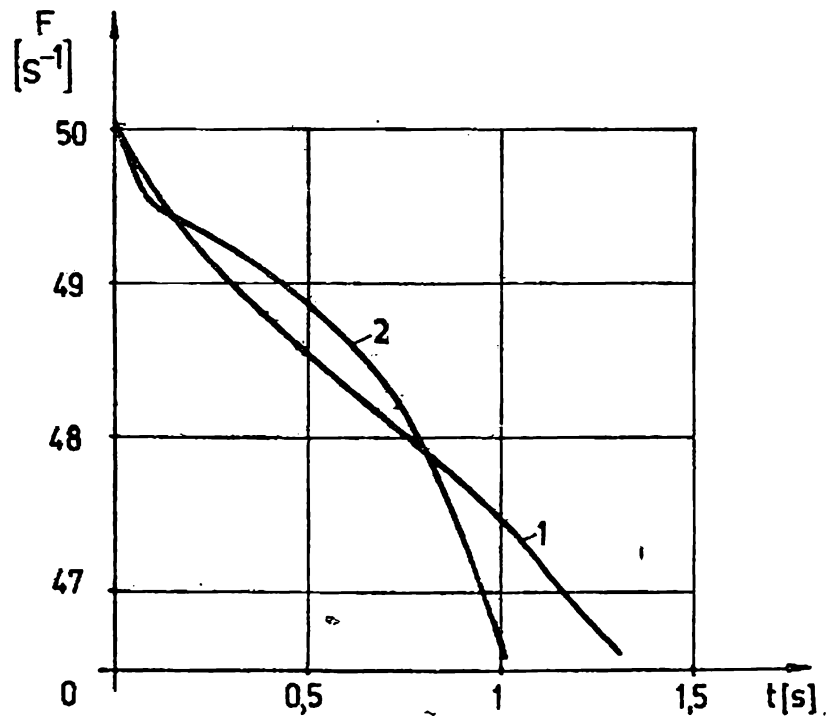


Fig.2.5. Amortizarea tensiunii reziduale:

1. Motoare cu caracteristici apropiate TG 200 MW; 2. Motoare cu caracteristici diferite TG 300 MW.



1. Motoare cu caracteristici apropiate TG 200 MW; 2. Motoare cu caracteristici diferite TG 300 MW.

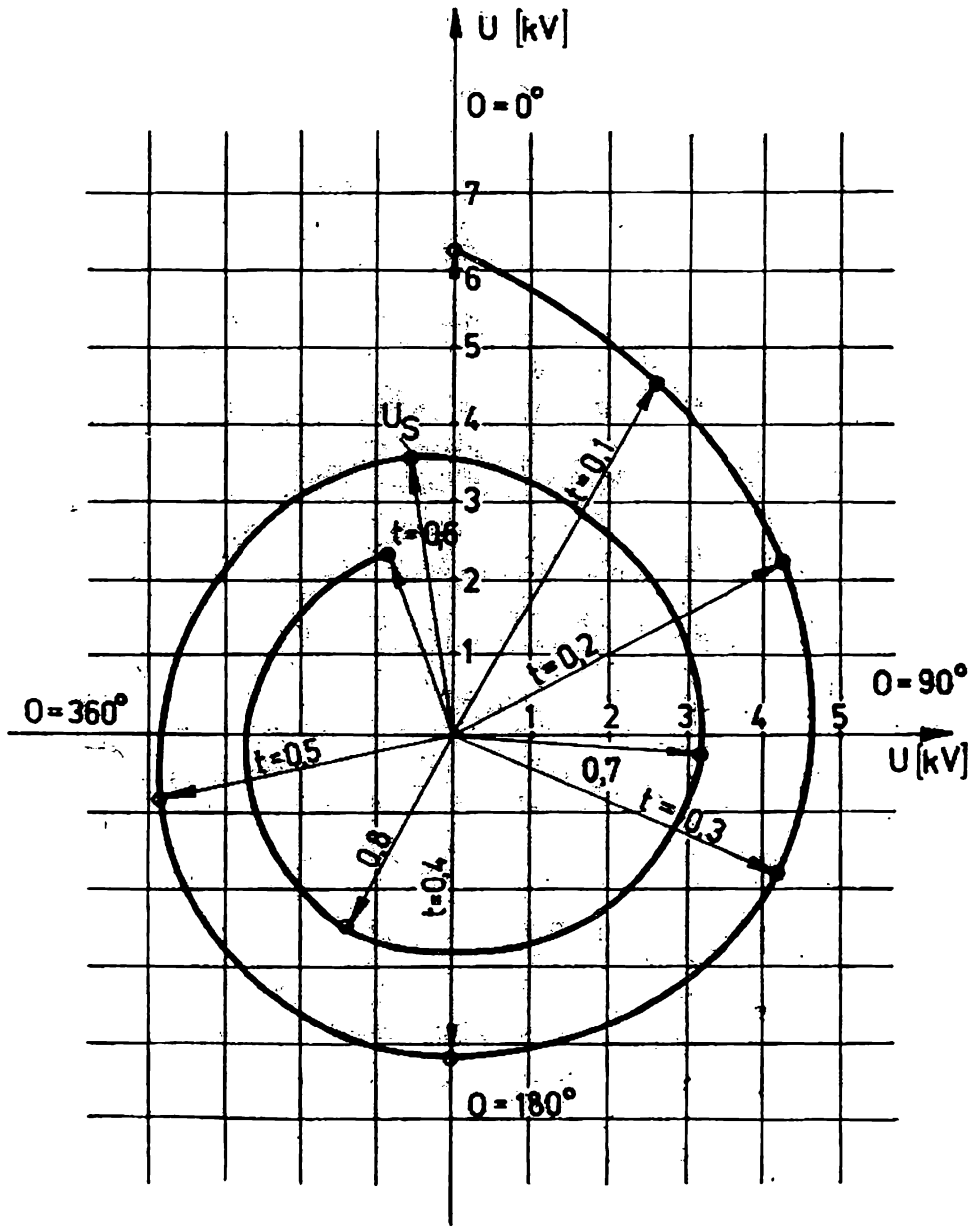


Fig.2.7.Variația fazorului tensiunii reziduale pe barele serviciilor interne

Faptul că la frânarea în grup a motoarelor din cadrul serviciilor întrene, la generatorul de 200 MW pe păcură, motorul EPA este generator, iar la grupul de 300 MW pe cărbune - motorul EPA este consumator se datorește următoarelor cauze:

a) la grupul de 200 MW EPA are o constantă mecanică de timp T_j=5,53 s, iar la grupul de 300 MW constanta mecanică de timp a EPA este mult mai mică și anume T_j=2,85 s;

b) la grupul de 200 MW pe păcură, celelalte mecanisme din cadrul serviciilor interne sunt formate în principal din pompe care au momente de inerție mici, excepție fac numai ventilatoarele de aer și gaze care au momente de inerție mari, dar au puteri nominale ale motoarelor relativ mici în comparație cu puterea electropompei de alimentare;

c) la grupul de 300 MW pe cărbune, în cadrul serviciilor interne, ventilatoarele de gaze și aer au puteri și constante de inerție mari (vezi fig.2.4) și în plus există și mori de cărbune de tip ventilator care au momente de inerție foarte mari în comparație cu celelalte mecanisme (pe o secție de bare a serviciilor interne sunt conectate trei mori care însumează o putere de 3,45 MW).

Din cele prezentate mai sus se poate trage concluzia că frânarea în grup a motoarelor are o influență foarte mare asupra procesului de frânare a motoarelor în cazul dispariției tensiunii. Un calcul exact de autopornire nu se poate face decât prin considerarea proceselor de frânare în grup.

Constanta de timp a tensiunii reziduale pe barele de servicii interne în procesul de frânare în grup depinde de suma puterilor motoarelor care au rămas conectate pe bare, încărcarea lor în regim normal de funcționare, caracteristicile mecanice ale agregatelor și de alți factori. In fig. 2.5 se prezintă amortizarea tensiunii reziduale pentru două cazuri caracteristice: 1 - secție de bare pentru grupul de 200 MW; 2 - secție de bare pentru grupul de 300 MW.

Tensiunea reziduală în cazul 2 se amortizează mult mai repede decât în cazul 1 cu toate că în cazul 1 suma puterilor motoarelor este de 7,7 MW, iar în cazul 2 de 20,4 MW. Explicația

constă în faptul că în cazul 1 motoarele au constante mecanice apropiate (T_j), iar în cazul 2 constantele mecanice sunt diferite.

Tensiunea reziduală scade mult mai repede decât frecvenţa.

In figura 2.6 se prezintă amortizarea frecvenţei la frânarea în grup. Se vede că, în timpul în care tensiunea reziduală ajunge la zero, frecvenţa scade cu (7-10)%. Scăderea tensiunii reziduale duce la scăderea curenţilor de circulaţie între motoare şi în consecinţă la reducerea influenţei între motoare. La valori ale tensiunii reziduale nu prea mari, practic, influenţa între motoare se reduce complet şi motoarele se frânează independent unul faţă de altul, ca în cazul frânării individuale.

O influenţă mare asupra reuşitei autopornirii şi a timpului de accelerare a motoarelor după restabilirea tensiunii o are timpul cât durează pauza de tensiune. Cu micşorarea pauzei de tensiune se micşorează frânarea motoarelor şi se măreşte tnsiunea de realimentare, ceea ce duce la scurtarea timpului de accelerare a motoarelor. Dacă pauza de tensiune durează un timp destul de scurt (0,3-0,5)s, restabilirea alimentării pe bare poate apărea atunci când tensiunea sursei de alimentare şi tensiunea reziduală generată de motoare sunt în opoziţie de fază. In fig. 2.7 se prezintă curba spirală de amortizare a tensiunii reziduale, iar în fig. 2.8 se prezintă variaţia în timp a tensiunii compuse (curbele prezentate au fost obţinute prin calcul, pentru o secţie de bare a unui grup de 200 MW, cu ajutorul programului de calcul prezentat în capitolul V).

Astfel, tensiunea care se aplică motoarelor poate lua valori mai mari decât tensiunea nominală a motoarelor. Acest fapt arată că pot apărea solicitări periculoase datorate şocului de tensiune şi şocului de curent.

Solicitările electrodinamice periculoase pot apărea în cazul în care curentul de autopornire ia valori mai mari decât curentul de pornire la tensiunea nominală.

In legătură cu această solicitare a motoarelor părerile sunt împărţite.Unii autori din SUA,

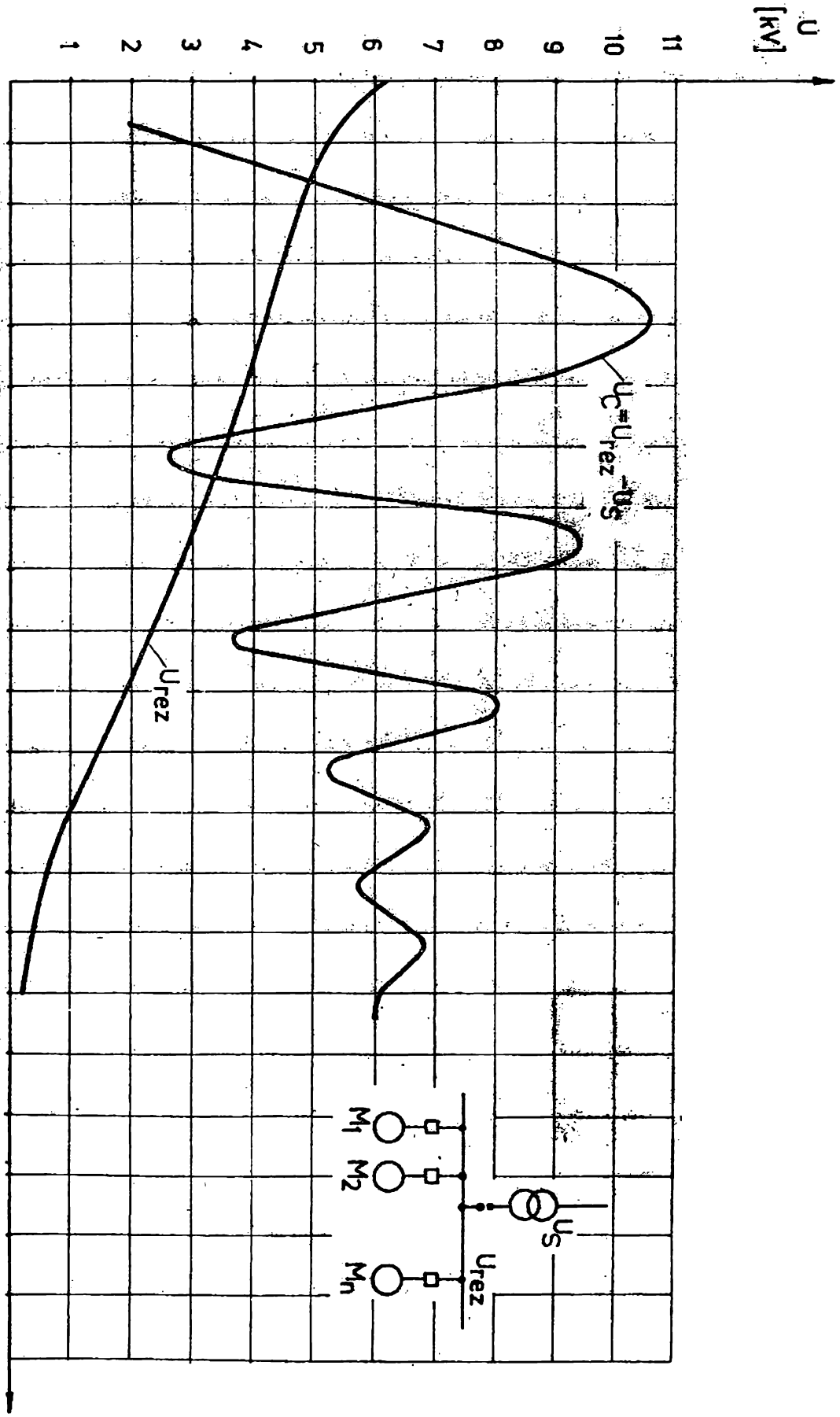


Fig.2.8. Variația tensiunii reziduale și a tensiunii compuse pe barele servicillor interne.

RFG, Franţa consideră că suprasolicitarea dinamică a motoarelor la trecerea de pe o sursă pe alta cu pauze de tensiune de (0,3-0,4)s poate fi periculoasă, şi din această cauză se iau o serie de măsuri de protecţie:

a) se controlează mărimea tensiunii reziduale, considerându-se admisibilă anclanşarea sursei noi atunci când tensiunea reziduală scade sub 0,25 U_n; această condiţie comportă introducerea unei pauze de circa (0,7-1,5)s;

b) se controlează unghiul dintre tensiunea sursei şi tensiunea reziduală, limitându-se la maximum 60°;

c) operaţia de trecere se face în 0,07 s, ceea ce limitează unghiul dintre cele două tensiuni la o valoare foarte mică; această metodă este cea preferată, deoarece procesul de autopornire durează foarte puţin.

Unii autori consideră că temerile în legătură cu eforturile electrodinamice la şocul de autopornire în cazul tensiunii reziduale nesincrone nu sunt justificate. Trecerea de pe o sursă pe alta se face în mod normal, fără nici o precauţie, cu o pauză de maximum (0,4-0,5)s datorată timpului propriu al întreruptoarelor. In acest timp, tensiunea reziduală scade la circa $0,65U_n$. Scăderea turaţiei motoarelor în acelaşi timp este însă foarte mică 4-6%, ceea ce menţine reactanţa motoarelor la o valoare destul de mare, astfel că, deşi tensiunea compusă este mai mare ca tensiunea nominală a motoarelor, şocul curentului de autopornire nu depăşeşte în general şocul curentului de pornire şi prin urmare nici solicitările electrodinamice nu sunt mai periculoase. Procesul de autopornire este în acest caz foarte rapid, solicitând mai puţin motoarele decât în cazul trecerii cu temporizare de pe o sursă pe cealaltă.

In figurile 2.9 şi 2.10 se prezintă variaţia curentului de autopornire în funcţie de pauza de AAR pentru secţiile de bare ale unui grup de 200 şi 100 MW. In diagrame sunt reprezentate numai curenţii absorbiţi de EPA şi VG, ca fiind cei mai reprezentativi.

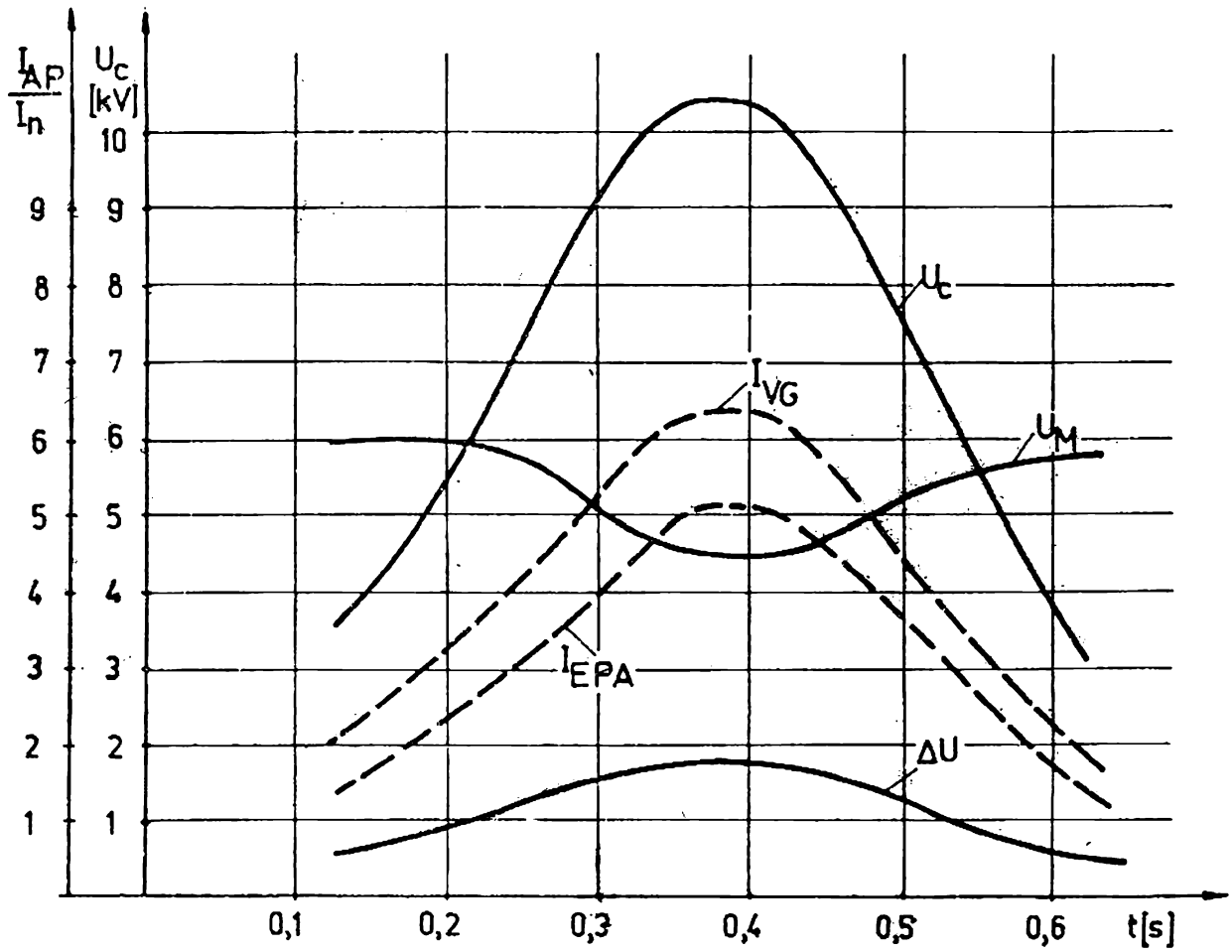


Fig.2.9. Variația curentului de autopornire în funcție de pauza de AAR pentru o secție de bare a serviciilor interne grup 200 MW:

UC - tensiunea compusă; UM - tensiunea de realimentare; I_{EPA}-curentul absorbit de electropompa de alimentare; I_{VG} - curentul absorbit de ventilatorul de gaze; AU-căderea de tensiune pe sursa de alimentare.

EPA P=4,25 MW I_{*p}=7,2 VG P=1 MW I_{*p}=6,4 ; I_{*p} multiplul curentului de pornire la s=1 și U=U_n

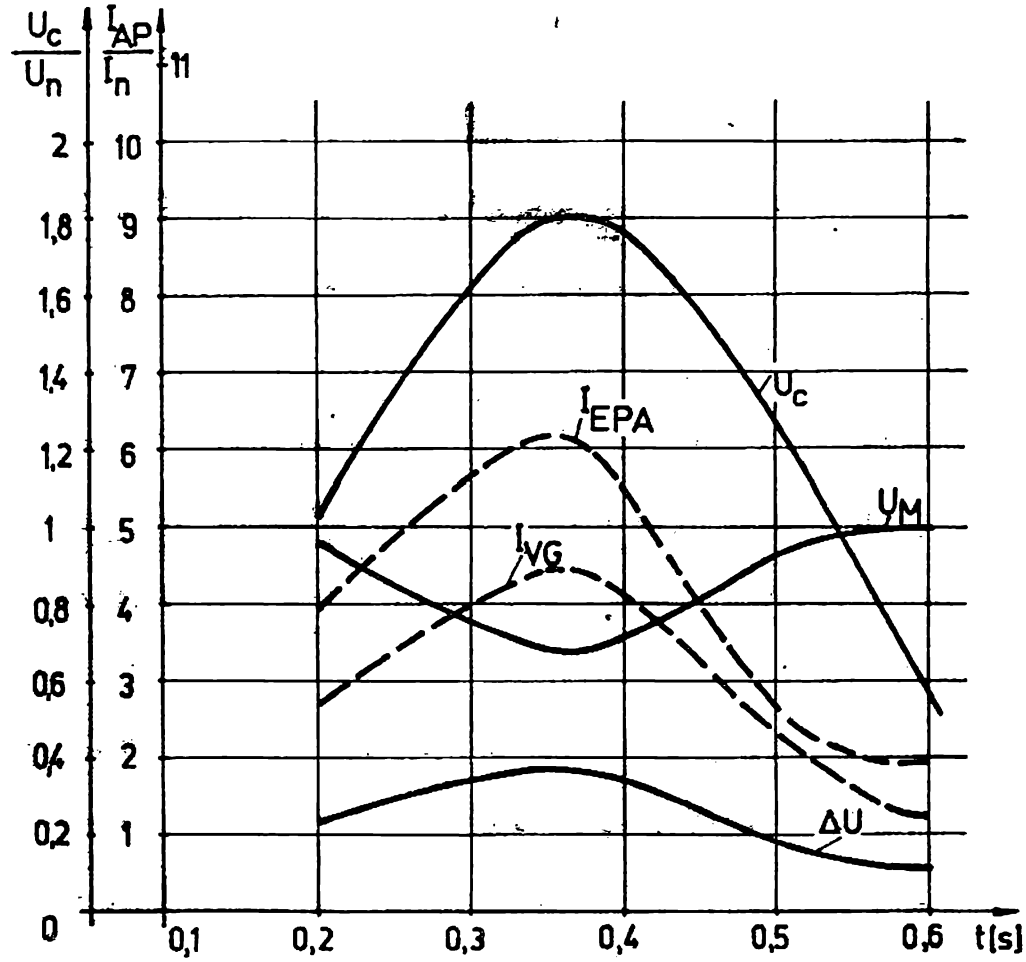


Fig.2.10. Variația curentului de autopornire în funcție de pauza de AAR pentru o secție de bare a serviciilor interne grup 100 MW:

UC - tensiunea compusă; UM - tensiunea de realimentare; I_{EPA}-curentul absorbit de electropompa de alimentare; I_{VG} - curentul absorbit de ventilatorul de gaze; ΔU-căderea de tensiune pe sursa de alimentare.

EPA P=4 MW ; I_{*p}=6,2 VG P=0,8 MW I_{*p}=5,2 ; I_{*p} multiplul curentului de pornire la s=1 și U=U_n

Diagramele prezentate în figurile 2.9 şi 2.10 sunt obţinute prin calcul cu ajutorul programului prezentat în capitolul V

Din diagrame se vede că curentul de autopornire nu depăşeşte curentul maxim de pornire. Deci se poate trage concluzia că temerile în privinţa şocului de curent AAR cu timp de (0,3-0,6)s nu sunt întemeiate. Diferenţele între I_{EPA} şi I_{VG} la cele două diagrame se datorează deosebirilor constructive ale motoarelor. Motorul de antrenare al EPA la grupul de 200 MW este un motor cu dublă colivie de construcţie specială, iar motorul de antrenare al EPA la grupul de 100 MW este un motor cu rotor cu bare trapezoidale. Motoarele ventilatoarelor de gaze au rotoarele cu dublă colivie.

O concluzie definitivă nu poate fi trasă decât în urma efectuării unor probe pe viu.

Scurtcircuitele în reţeaua de 6 kV duc la anularea tensiunii pe barele de servicii interne. In general, aceste scurtcircuite sunt eliminate în timpi foarte scurţi de protecţia circuitelor respective. Aceste scurtcircuite nu ridică probleme de autopornire a motoarelor, din cauza pauzelor scurte de tensiune, dar ridică probleme de stabilitate dinamică a întreruptoarelor de înaltă tensiune şi stabilitate termică a cablurilor. In calculul curenţilor de scurtcircuit pe barele de servicii interne este absolut necesar să se ţină cont de aportul motoarelor asincrone la curenţii de scurtcircuit. Aceste probleme sunt tratate în capitolul VII.

In cazul scurtcircuitelor în zona protecţiei diferenţiale a blocului apare declanşarea blocului prin protecţia diferenţială, care acţionează fără temporizare. In cazul schemelor cu întreruptor la bornele generatorului serviciile interne rămân alimentate în continuare din sistem, iar în cazul schemelor fără întreruptor la bornele generatorului, serviciile interne sunt menţinute în funcţiune prin AAR pe sursa de rezervă.

Timpul pauzei de AAR rezultă din coordonarea protecţiilor prin relee. Acest timp este cuprins, în general, între 1,5 şi 2s. Menţinerea în funcţiune a serviciilor interne este posibilă

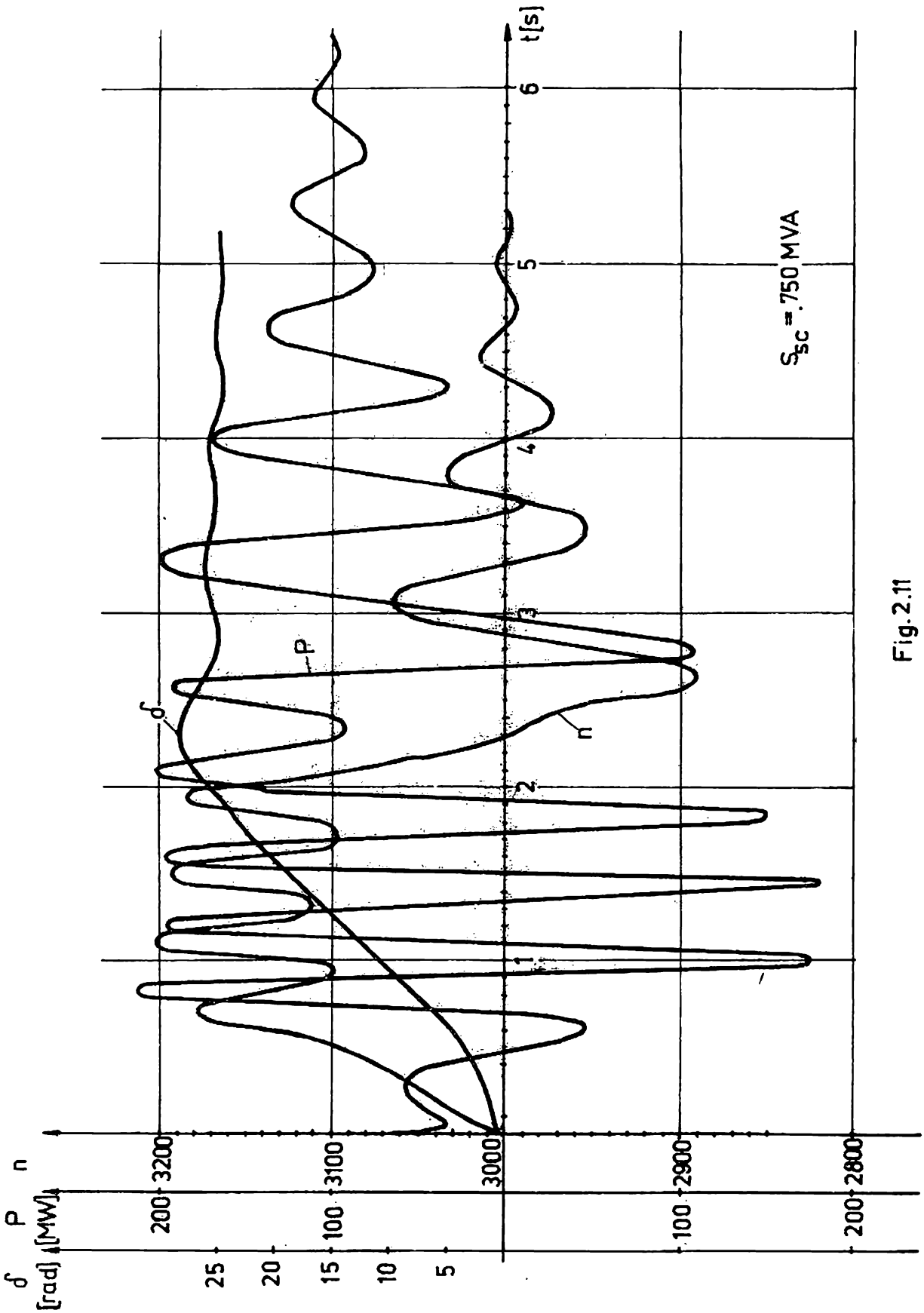


Fig. 2.11

Variația turației, puterii active și a unghiului intern δ în timpul scurtcircuitului trifazat pe 110 kV fără separare de sistem t_{sc}=0,7 sec P_i=100 MW Q_i=60 MVAr

numai prin asigurarea autopornirii motoarelor. Calculul autopornirii este tratat în capitolul VI.

In cazul scurtcircuitelor în apropierea centralei sau pe barele colectoare ale centralei, apar căderi mari de tensiune, care duc la frânarea motoarelor din cadrul serviciilor interne şi accelerarea turbogeneratoarelor. După eliminarea scurtcircuitului apar fenomene de pendulaţie între generator, motoarele asincrone din cadrul serviciilor interne şi sistem. Studiul acestor regimuri este posibil numai prin folosirea unor programe de calcul complexe, în care trebuie să se ţină seama de fenomenele tranzitorii din generatorul sincron, motoarele asincrone precum şi de influenţa sistemelor de reglaj a tensiunii şi turaţiei. In figura 2.11 se prezintă regimul dinamic obţinut prin calcul în cazul unui scurtcircuit trifazat în apropierea barelor colectoare t_{sc}=0,7s (programul de calcul este descris în capitolul VII).

Pentru centralele termoelectrice, s-a definit o durată minimă de păstrare a interconexiunii cu reţeaua în care s-a produs defectul, şi anume s-a stabilit ca acest timp să fie trei secunde. După trecerea acestui timp, şi dacă defectul în reţea nu este eliminat, are loc izolarea grupului pe serviciile interne, în scopul menţinerii funcţionării lui şi pentru a permite recuplarea rapidă, după ce defectul a fost eliminat.

In cazul scurtcircuitului, în apropierea staţiei de conexiuni a centralei, timp de trei secunde, tensiunea remanentă la bornele generatoarelor va depinde de plafonul de supraexcitaţie al maşinii şi are o valoare de aproximativ 30% din tensiunea nominală. Având în vedere că din cauza scăderii tensiunii în timpul defectului motoarele se frânează, după eliminarea defectului este necesară autopornirea motoarelor.